TP 2

Mesure Directe de la Réponse d'un Système

I. Objectif de TP

Ce TP a pour objectif de vous familiariser avec les techniques de mesure directe sur le logiciel Matlab/Simulink et à exploiter les données de mesure par des méthodes simples. Aussi, il a pou objectf de tracer les différentes réponses temporelles et fréquentielles d'un système directement à partir du schéma bloc (schéma fonctionnel).

II. Lancement du Simulink

Etape l: Lancer Simulink en tapant simulink à l'invité de commande (fig-1).



Fig-1. L'invité de commande du Matlab/Simulink

Après un moment, le gestionnaire de librairies est alors lancé comme le montre la figure 2.

Matière: TP Modélisation et Identification des Systèmes Electriques



Fig-2. gestionnaire de librairies

Pour créer un nouveau modèle Simulink, en appuyant sur l'icone "*New model* ". Alors, une fenêtre vierge de modèle Simulink est ouverte (fig-3) d'ou en peut construire les circuits et les schémas bloc souhaités.



Fig-3. Création d'un modèle Simulink

Matière: TP Modélisation et Identification des Systèmes Electriques

<u>Etape 2</u>: Etablir le schéma fonctionnel du système ou circuit dont en veut analyser son comportement. A titre d'exemple, en prend le circuit RL ci -dessous.



Fig-4. Circuit RL

 $V_e(t) = R i(t) + L \frac{di(t)}{dt}$ $\frac{di(t)}{dt} = -\frac{R}{L}i(t) + \frac{1}{L}V_e(t)$

$$\Rightarrow \frac{di(t)}{dt} = \frac{1}{L} \left(V_e(t) - R \ i(t) \right)$$



Fig-5. Schéma bloc du circuit

Etape 3: Etablir le schéma bloc obtenu dans la fenêtre Simulink ouverte précédemment.

Le courant i(t) est l'intégrale de la soustraction algébrique de deux termes multipliée par $\frac{1}{L}$. par Drag and Drop depuis le gestionnaire de librairie, insérer les blocs constituant le schéma bloc dans la fenêtre Simulink, à savoir:

• Sommateur: disponible dans la librairie Simulink \mapsto MathOperation \mapsto Sum

Placer le sommateur dans la fenêtre simulink puis double-cliquer sur le composant *Sum* et ajuster le paramètre *List of signs* à la valeur | +- (fig-7).

Matière: TP Modélisation et Identification des Systèmes Electriques



Fig-6. Ajout d'un sommateur au modèle Simulink

Functio	n Block Parameters: Sum	
Sum Add or s a) string (e.g. ++ b) scalar When th dimensio	ubtract inputs. Specify one of the following: containing + or - for each input port, for spacer between ports - ++) ; >= 1, specifies the number of input ports to be summed. ere is only one input port, add or subtract elements over all ons or one specified dimension	III +
Main Icon shar	Signal Attributes	
List of sig	jns:	_
Sample t	ime (-1 for inherited):	
-1	•	Ŧ
0	OK Cancel Help Apply	

Fig-7. Configuration d'un sommateur

• *Gain:* disponible dans la librairie *Simulink* \mapsto *MathOperation* \mapsto *Gain*

Placer l'élément et régler son paramètre Gain à $\frac{1}{L}$. La valeur de *L* sera définie ultérieurement dans un fichier Matlab de définition des constantes.

Master I: Electrotechnique Matière: TP Modélisation et Identification des Systèmes Electriques

🙀 Simulink Library Browser	1 / N N N N						
File Edit View Help							
🗋 😅 🔹 Enter search term	- 🔺 🎬	_		III			
Libraries	Library: Simulink/Math Operations	Search Resul					
Simulink Commonly Used Blocks Continuous Discontinuities Discontinuities Discrete Logic and Bit Operations Math Operations Math Operations Model Verification Model Verification Model Verification Model Verification Sinks Signal Attributes Signal Math & Discrete Additional Math & Discrete Signal Math & Discrete Math Operations Signal Math & Discrete Mathode Visit Operations Signal Attributes Signal Math & Discrete Mathode Visit Operations Signal Matha & Discrete Mathode Visit Operations Signal Attributes Signal Matha Signal Signal Matha Signal S	Iul Abs Iul Abs Iul Add Iul Add Iul Add Iul Asignment Iul Asignment Iul Bias Iul Complex to Magnitude-Angle Iul Divide Iul Divide Iul Gain Iul Magnitude-Angle	Drag and	1 Drop	File Edit View Simulation Image: Constraint of the second	Format Tools Help Image: Constraint of the state of	ID.0 Normal	
Showing: Simulink/Math Operations							

Fig-8. Ajout du gain au modèle Simulink

Vu qu'on est besoin de deux gains, par copier-coller, nous créons un deuxième bloc de gain dont son paramètre gain est régler à R qui sera aussi définie dans le même fichier Matlab de définition des constantes où on a définie la valeur de L.



Fig-9. Rotation d'un bloc

Pour faire la rotation du bloc comme le montre la figure ci-dessus (**gain R**), il suffit de clique par button gauche sur le bloc puis clique sur (Ctrl+R) du clavier une, deux ou trois fois jusqu'à que le bloc prend le sens souhaité.

• Intégrateur: disponible dans la librairie Simulink \mapsto Continuous \mapsto Integrator

Placer l'intégrateur et régler sa condition initiale à 0



Fig-10. Ajout de l'intégrateur au modèle Simulink

Une fois les blocs placés et réglés, les connecter entre eux, et pour cela, cliquer sur la sortie du composant à connecter et déplacer jusqu'à l'entrée du composant suivant à connecter (voire figure 11).



Fig-11. Création du circuit en modèle Simulink

Pour labeler les connexions, double-cliquer sur le lien de connexion entre deux blocs et entré le label souhaité. Par exemple, à la sortie du gain $\frac{1}{L}$, le signal obtenu est $\frac{di(t)}{dt}$ et le signal à la sortie de l'intégrateur est i(t).

Concernant l'enregistrement, Le modèle Simulink établi doit être sauvegardé sous l'extension ".mdl", soit circuit_rl.mdl pour notre cas (voire figure 12).



Fig-12. Labellement des liens de connexion

<u>Etape 4</u>: Réglage des paramètres du modèle.

Le réglage des paramètres du modèle peut ^être effectué de plusieurs manières:

- En insérant directement le valeurs dans les blocs du modèle Simulink: ne pas utiliser cette méthode en particulier lorsque certains paramètres sont communs à plusieurs blocs du système!
- En entrant la valeur de ces paramètres en ligne de commande Matlab, par exemple:

• En entrant les paramètres via un fichier "*MATLAB .m*", et en chargeant ce fichier automatiquement avant chaque simulation. Cette méthode étant la plus propre et la plus efficace, c'est pourquoi nous l'utiliserons en suivant les points suivants:

 \Rightarrow Créer un nouveau fichier ".m'' depuis la fenêtre MATLAB (non Simulink). Entrer les paramètres du circuit (fig-13). Enregistrer le fichier sous le nom "*circuit_rl_parametres.m*".

Matière: TP Modélisation et Identification des Systèmes Electriques



Fig-13. Création d'un fichier exécutable ".m"

 \Rightarrow Dans le modèle Simulink, aller dans le menu: *File* \mapsto *Model Properties* \mapsto *Call Back*. Dans le champ Model Initialisation function "InitFcn", entrer le nom du script de configuration à charger (*circuit_rl_parametres*) et ceci comme le montre la figure 14.

🙀 Mode	el Properties					×
Main	Callbacks	History	Description			
Model callbacks Model initialization function:						
Prel Pos Star Stop Pres Pos Clos	LoadFon* tLoadFon fon* tFon oFon SaveFon tSaveFon tSaveFon		uit_rl_parametres			
	(OK	Cancel	Help		Apply

Fig-14. Chargement des données du système (circuit)

<u>Etape 5</u>: Alimenter le circuit par un échelon de tension et l'insertion d'un oscilloscope.

L'échelon est disponible dans la librairie: *Simulink* \mapsto *Sources* \mapsto *Step*.

L'oscilloscope est disponible dans la librairie: *Simulink* \mapsto *Sinks* \mapsto *Scop*.



Fig-15. Alimentation du circuit et l'insertion de l'oscilloscope

Après l'emplacement de l'échelon, ajuster son paramètre *Final value* à la valeur 12V.

Pour que l'oscilloscope affiche la courbe dés le début (à partir du 0 seconde), double-cliquer sur le scope, puis cliquer sur l'icone "*Parameters*", aller sur "*Data history*" et décocher "*Limit data points to last*" et cliquer sur "*OK*" pour valider l'opération (voire figure 16).

Matière: TP Modélisation et Identification des Systèmes Electriques

🛃 'Scope' parameters							
General Data	history Tip: try right clicking on axes						
🔲 Limit data po	5000						
🔲 Save data to	o workspace						
Variable name:	ScopeData						
Format:	Structure with time						
	K Cancel Help Apply						

Fig-16. réglage de l'oscilloscope

<u>Etape 6</u>: Réglage des paramètres de simulation.

 \Rightarrow Régler les paramètres de simulation, sur le modèle Simulink, aller dans:

Simulation \mapsto Configuration Parameters

Choisir *ode15s* (*stiff/NDF*) comme solveur avec un pas de calcule variable, les valeurs max et min étant réglées automatiquement. Régler le temps de simulation à 0.4 secondes (*stop time*) (fig-17).

a Configuration Parameters	circuit_rl/Configuratio	on (Active)				×
Configuration Parameters Select:	: circuit_rl/Configuration Simulation time Start time: Solver options Type: Max step size: Min step size: Initial step size: Zero crossing control: Solver reset method: Automatically hane Higher priority valu Solver diagnostic cont Number of consecutive Consecutive zero cross Number of consecutive	Variable-step auto auto auto Use local settings Fast dle data transfers between tasks ie indicates higher task priority rols e min step size violations allowed: sings relative tolerance: e zero crossings allowed:	▼ ▼ 1 10°12¢ 1000	Stop time: 0.4 Solver: Relative tolerance: Absolute tolerance: Maximum order:	ode15s (stiff/NDF) 1e-3 auto 5	
			ſ	ΠΚ	Cancel Help	
				<u> </u>		

Fig-17. Réglage des paramètres de simulation

 \Rightarrow Sélectionner les signaux d'entrée et sortie qui caractérisent la fonction de transfert. Pour cela, en cliquant-droit sur la connexion désirée à définir comme le montre la figure ci dessus, soit:

- Pour définir la connexion comme signale d'entrée: *Linearization point* → *Input point*
- Pour définir la connexion comme signale de sortie: *Linearization point* → *Output point*

Matière: TP Modélisation et Identification des Systèmes Electriques

🙀 circuit_rl *		
File Edit View Sim	ulation Format Tools Help	
🗅 🛩 🖬 🚭 %	ⓑⓑ (4 ↔ ∱ ΩΩ	▶ ■ 0.4 Normal ▼
Step	Cut Copy Delete Highlight To Source	tegrator
	Remove Highlighting	
	Signal & Scope Manager	
	Open Viewer	4
Input point	Create & Connect Viewer	Input Point
	Connect To Existing Viewer	Output Point
	Disconnect Viewer	Input-Output Point
	Disconnect & Delete Viewer	Output-Input Point
	Signal Properties	Open Loop
	Linearization Points	Output Constraint

Fig-18. Choix des signaux d'entrée et sortie

Etape 7: Tracer les différentes réponses temporelles et fréquentielles.

 \Rightarrow Lancer la simulation du modèle établi sur fenetre Simulink en cliquant sur "Start simulation \triangleright "



Fig-19. Lancement de la simulation

 \Rightarrow Pour visualiser la réponse indicielle du système, ainsi que le diagrammes de Bode, le diagramme de Nyquist et le diagramme de Nichols, il suffit d'aller dans le menue du modèle Simulink:

$Tools \mapsto Control Design \mapsto Linear analysis$

Control and Estimation Tools N	Manager							
File Tools Help								
Workspace	Analysis	I/Os Operating Po	oints Linearization Re	esults				
Project - circuit_ri Operating Points	Select linearization I/Os by right clicking on the desired line in your Simulink model.							
Default Operating	Active Block Name		Output Port	Signal Name	Configuration	Open Loop		
E Custom Views	V	circuit_rl/Step		1	Ve(t)	Input 🔹		
	V	circuit_rl/Integrato	r	1	i(t)	Output 👻		
			Highlight Selected S	õignal Ref	resh Signal Narr	nes Delete S	elected I/O	
< +		Linearize Model	📝 Plot linear ana	Ilysis result in a	step respons	se plot e plot		
Model linearization task settings.	-			_	Bode respon impulse resp Nyquist plot Nichols plot Bode magnit singular valu pole zero ma	se plot oonse plot tude plot ie plot ap		

Fig-20. Lancement des tracés

Pour visualiser la réponse indicielle du système il suffit de cliquer sur "*Step response plot*" qui veut dire en français "*tracer la réponse indicielle*" et puis cliquer sur "*Linearize model* " et en obtiendra le tracé suivant:

JTI Viewe	er: Linearization Quick Plot	
File Edit	Window Help	
₽₿€	R Q E	
2500	Step Response From: Ve(t) To: i(t)	
5500		
3000	-	f
2500	-	-
2000 ju	-	-
₩ 1500	-	/ -
1000	-	
500	-	
0	0.05	0.15
	Time (sec)	0.15
LTI Viewer		

Fig-21. Réponse indicielle

De la même manière, pour tracer les diagrammes de Bode (diagramme d'amplitude et diagramme de phase), il suffit de choisir "*Bode response plot*" et puis cliquer sur "*Linearize model* ":



Fig-22. Diagrammes de Bode





- 1. Etablir le schéma bloc du circuit RC représenté ci-dessus (Ue(t) est l'entrée et Us(t) est la sortie).
- 2 Par la meme méthode qu'on a vu dans le TP et en utilisant le logiciel MATLAB/Simulink, tracer :
 - a) La réponse indicielle et la réponse impulsionelle du système;
 - b) Les diagrammes de Bode, Nyquist et Nichols.